

PC 979 U.S. PTO  
10/085128  
03/01/02  
PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of

Kiyoshi ARITA et al.

Serial No.: New Application

Group Art Unit: Unassigned

Filed: March 1, 2002

Examiner: Unassigned

For: PLASMA PROCESSING METHOD

CLAIM FOR PRIORITY

Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following country is hereby requested for the above-identified application and the priority provided in 35 U.S.C. 119 is hereby claimed:

Japanese Patent Appln. No. 2001-106756  
filed April 5, 2001.

In support of this claim, a certified copy of said original foreign application is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 U.S.C. 119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of this document.

Respectfully submitted,

PARKHURST & WENDEL, L.L.P.



Roger W. Parkhurst  
Registration No. 25,177

March 1, 2002  
Date

RWP/mhs  
Attorney Docket No. MEIC:122

PARKHURST & WENDEL, L.L.P.  
1421 Prince Street, Suite 210  
Alexandria, Virginia 22314-2805  
Telephone: (703) 739-0220

日本特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

jc979 U.S. PRO  
10/085128  
03/01/02  


別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2001年 4月 5日

出願番号

Application Number:

特願2001-106756

出願人

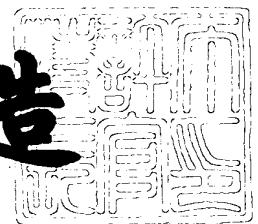
Applicant(s):

松下電器産業株式会社

2001年11月26日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3102979

【書類名】 特許願  
【整理番号】 2913030186  
【提出日】 平成13年 4月 5日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H01L 21/3065  
【発明者】  
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式  
会社内  
【氏名】 有田 潔  
【発明者】  
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式  
会社内  
【氏名】 岩井 哲博  
【特許出願人】  
【識別番号】 000005821  
【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社  
【代理人】  
【識別番号】 100097445  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 岩橋 文雄  
【選任した代理人】  
【識別番号】 100103355  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 坂口 智康  
【選任した代理人】  
【識別番号】 100109667  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 内藤 浩樹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938

【書類名】 明細書

【発明の名称】 プラズマ処理方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】シリコン系基板の処理対象面のエッティング処理を行うプラズマ処理方法であって、処理室内に配置された載置部に前記シリコン系基板を載置し、この処理室内にフッ素系ガスを含むプラズマ発生用ガスを供給した状態でプラズマ放電を発生させてシリコン系基板の表面をプラズマによってエッティング処理する際に、シリコン系基板の温度を40℃以上の温度に保持することにより鏡面状態のエッティング面を得ることを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項2】前記シリコン系基板は多数の半導体チップが作り込まれ回路形成面に保護テープが貼着された状態のシリコンウェハであり、このシリコンウェハを前記保護テープを前記載置部に接触させた姿勢で前記載置部上に載置し回路形成面の裏面を処理対象面としてプラズマ処理を行う際に、載置部の温度を温度制御手段によって所定温度条件に制御することを特徴とする請求項1記載のプラズマ処理方法。

【請求項3】前記シリコンウェハの処理対象面は前工程において機械研磨によって薄化加工されており、この機械研磨によって薄化加工面に生成されたストレス層を前記プラズマ処理によって除去することを特徴とする請求項2記載のプラズマ処理方法。

【請求項4】前記所定温度条件は、シリコンウェハの表面温度が40℃以上でありかつ前記保護テープの温度が当該保護テープの耐熱温度を超えない温度条件であることを特徴とする請求項2記載のプラズマ処理方法。

【請求項5】前記フッ素系ガスは、4フッ化炭素または6フッ化硫黄であることを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載のプラズマ処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、シリコンウェハなどのシリコン系基板をプラズマによってエッティング処理するプラズマ処理方法に関するものである。

## 【0002】

## 【従来の技術】

半導体装置に用いられるシリコンウェハの製造工程では、半導体装置の薄型化にともない基板の厚さを薄くするための薄化加工が行われる。この薄化加工は、シリコンウェハの表面に回路パターンを形成した後に、回路形成面の裏面を機械研磨することによって行われる。機械研磨加工においてはシリコンウェハの表面には機械研磨によって発生するマイクロクラックを含むストレス層が生成され、このストレス層によるシリコンウェハの強度低下を防止するため、機械研磨後にはシリコン表面のストレス層を除去するエッチャリング処理が行われる。このエッチャリング処理に、従来の薬液を用いる湿式エッチャリング処理に替えて、製造現場での薬液使用上の危険性や産業廃棄物の発生がないプラズマエッチャリングが検討されている。

## 【0003】

このシリコンを対象としたプラズマエッチャリング処理には、より高いエッチャリングレートを実現するために、4フッ化炭素や6フッ化硫黄などのフッ素系ガスを含む混合ガスがプラズマ発生用ガスとして用いられる。この方法では、フッ素系ガスがプラズマ放電によって電離または励起して生成したイオンやラジカルによってシリコン表面のエッチャリングが行われる。

## 【0004】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述のフッ素系ガスを用いたプラズマエッチャリング処理では、シリコン表面のプラズマ処理の反応生成物として炭素や硫黄を含む膜、すなわちフッ素と炭素や硫黄の化合物がシリコン表面に部分的に再付着する現象が生じる。そしてこの化合物が再付着した部分ではプラズマエッチャリングの進行が阻害されるが、再付着の分布や程度は処理対象面全面にわたって均一とはならずばらつくことから、プラズマエッチャリング効果に微細なばらつきを生じ、結果としてエッチャリング処理後の表面が白濁状の外観を呈する場合がある。

## 【0005】

この白濁状の外観は、エッチャリング後の微細なキズ等の有無を目視で確認する際

の妨げとなり、品質管理上の障害となるとともに、シリコンウェハの外観品質として鏡面を求めるユーザにとっては、製品としての外観品質の評価を低下させるという問題点があった。

#### 【0006】

そこで本発明は、シリコン系基板のプラズマ処理において鏡面状態のエッチング面を得ることができるプラズマ処理方法を提供することを目的とする。

#### 【0007】

##### 【課題を解決するための手段】

請求項1記載のプラズマ処理方法は、シリコン系基板の処理対象面のエッチング処理を行うプラズマ処理方法であって、処理室内に配置された載置部に前記シリコン系基板を載置し、この処理室内にフッ素系ガスを含むプラズマ発生用ガスを供給した状態でプラズマ放電を発生させてシリコン系基板の表面をプラズマによってエッチング処理する際に、シリコン系基板の温度を40℃以上の温度に保持することにより鏡面状態のエッチング面を得る。

#### 【0008】

請求項2記載のプラズマ処理方法は、請求項1記載のプラズマ処理方法であって、前記シリコン系基板は多数の半導体チップが作り込まれ回路形成面に保護テープが貼着された状態のシリコンウェハであり、このシリコンウェハを前記保護テープを前記載置部に接触させた姿勢で前記載置部上に載置し回路形成面の裏面を処理対象面としてプラズマ処理を行う際に、載置部の温度を温度制御手段によって所定温度条件に制御する。

#### 【0009】

請求項3記載のプラズマ処理方法は、請求項2記載のプラズマ処理方法であって、前記シリコンウェハの処理対象面は前工程において機械研磨によって薄化加工されており、この機械研磨によって薄化加工面に生成されたストレス層を前記プラズマ処理によって除去する。

#### 【0010】

請求項4記載のプラズマ処理方法は、請求項2記載のプラズマ処理方法であって、前記所定温度条件は、シリコンウェハの表面温度が40℃以上でありかつ前

記保護テープの温度が当該保護テープの耐熱温度を超えない温度条件である。

【0011】

請求項5記載のプラズマ処理方法は、請求項1乃至4のいずれかに記載のプラズマ処理方法であって、前記フッ素系ガスは、4フッ化炭素または6フッ化硫黄である。

【0012】

本発明によれば、シリコン系基板の表面をプラズマによってエッチング処理する際に、シリコン系基板の温度を40℃以上の温度に保持することにより、フッ素系ガスの反応生成物のエッチング表面への付着・堆積を抑制してエッチングを均一に行い、鏡面状のエッチング面を得ることができる。

【0013】

【発明の実施の形態】

次に本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。図1は本発明の一実施の形態のプラズマ処理装置の断面図、図2は本発明の一実施の形態のプラズマ処理装置の下部電極の部分断面図、図3は本発明の一実施の形態のシリコンウェハのプラズマエッチング処理の説明図、図4は本発明の一実施の形態のプラズマ処理におけるシリコンウェハの温度変化を示すグラフ、図5は本発明の一実施の形態のプラズマ処理におけるシリコンウェハの温度分布を示すグラフである。

【0014】

まず図1を参照してプラズマ処理装置について説明する。図1において、真空チャンバ1の内部はプラズマ処理を行う処理室2となっており、処理室2内部には、下部電極3および上部電極4が上下に対向して配設されている。下部電極3は電極体5を備えており、電極体5は下方に延出した支持部5aによって絶縁体9を介して真空チャンバ1に装着されている。電極体5の上面には、高熱伝導性材料より成る載置部6が装着されており、載置部6の上面にはシリコン系基板であるシリコンウェハ7が載置される。

【0015】

シリコンウェハ7は、回路形成面の裏側を機械研磨によって薄化加工された直後の状態であり、図2に示すようにシリコンウェハ7の回路形成面に貼着された

保護テープ7aを載置部6に接触させた姿勢で、すなわち処理対象面である研磨加工面（回路形成面の裏側）を上向きにした状態で載置される。

## 【0016】

載置部6には上面に開口する多数の吸着孔6aが設けられており、吸着孔6aは電極体5の支持部5a内を貫通して設けられた吸引路5dと連通している。吸引路5dは真空吸引部11と接続されており、載置部6の上面にシリコンウェハ7が載置された状態で真空吸引部11から真空吸引することにより、シリコンウェハ7は載置部6に真空吸着により保持される。電極体5や載置部6を有する下部電極3および真空吸引部11は、シリコンウェハ7を保持する保持手段となっている。なおシリコンウェハ7を保持する保持手段としては、真空吸着による方法以外にも、電極体5に直流電圧を印加して静電力によりシリコンウェハ7を吸着保持するようにしてもよい。

## 【0017】

載置部6の内部には冷却用の冷媒流路6b, 6cが設けられており、冷媒流路6b, 6cは支持部5a内を貫通して設けられた管路5b, 5cと連通している。管路5b, 5cは温度制御部10と接続されており、温度制御部10を駆動することにより、冷媒流路6b, 6c内を冷却水などの冷媒が循環し、これによりプラズマ処理時に発生した熱によって加熱された載置部6が冷却され、載置部6の温度が制御される。載置部6の温度を制御する目的は、プラズマエッティング時にシリコンウェハ7の温度を所定の処理温度に保持するためであり、この温度制御により後述するようにプラズマエッティング処理時において処理対象面のエッティングレートを均一にし、白濁のない鏡面状態のエッティング面を得ることができる。

## 【0018】

電極体5は高周波電源12と電気的に接続されている。また真空チャンバ1内の処理室2は、真空排気・大気開放部13と接続されている。真空排気・大気開放部13は、処理室2からの真空排気、および処理室2内の真空破壊時の大気開放を行う。

## 【0019】

上部電極4（対向電極）は、接地部20に接地された電極体15を備えており、電極体15は上方に延出した支持部15aによって絶縁体16を介して真空チャンバ1に装着されている。電極体15の下面には微細孔をランダムに多数含んだ多孔質部材17が装着されている。これらの微細孔は電極体15に設けられた空隙部15bと連通しており、さらに空隙部15bは支持部15a内を貫通して設けられたガス供給路15cを介してガス供給部19と接続されている。

#### 【0020】

ガス供給部19は、4フッ化炭素( $CF_4$ )や6フッ化硫黄( $SF_6$ )などのフッ素系ガスを含む混合ガスをプラズマ発生用ガスとして供給する。真空排気・大気開放部13を駆動して処理室2内を真空排気し、次いでガス供給部19を駆動することにより、上部電極4に装着された多孔質部材17の微細孔より下方に向けてプラズマ発生用ガスが噴出する。この状態で高周波電源12を駆動して下部電極3の電極体5に高周波電圧を印加することにより、上部電極4と下部電極3との間の空間にはプラズマ放電が発生する。そしてこのプラズマ放電により発生したプラズマによって、載置部6上に載置されたシリコンウェハ7の上面のプラズマエッチング処理が行われる。

#### 【0021】

次にこのプラズマエッチング処理の過程を図3を参照して説明する。シリコンウェハ7の上方の空間の $CF_4$ や $SF_6$ を含む混合ガス中でプラズマ放電が発生することにより、図3(a)に示すように、ガス状のフッ素ラジカル( $xCFy^*$ 、 $xSFy^*$ )（記号\*で示す。）が発生する。そしてこれらのフッ素ラジカルがシリコンウェハ7の成分である $Si$ に作用することにより、図3(a)に示すように、 $Si$ はガス状の $SiF_4$ （記号○で示す）となってシリコンウェハ7の表面から蒸散して除去される。

#### 【0022】

そしてこの反応と同時に反応生成物としてフッ素と炭素の化合物 $xCFz$ やフッ素と硫黄の化合物 $xSFz$ （記号○で示す）が発生する。そしてこれらの反応生成物は、図3(b)に示すようにプラズマ処理過程においてシリコンウェハ7の表面に再付着して堆積するとともに、堆積した反応生成物が再びシリコンウェ

ハ7の表面から離脱するという不安定な挙動を示す。

【0023】

すなわち、フッ素系ガスを用いたシリコンウェハ7を対象とするプラズマエッチング処理においては、シリコンウェハ7の表面からシリコンが除去されるエッチング現象と、反応生成物の再付着および再離脱が同時並行的に進行する。そして、反応生成物が再付着して堆積層を形成した部分では、フッ素ラジカルの作用がシリコン表面に及ばないことから、シリコンの除去が進行しない。このため、一旦再付着した反応生成物がそのまま堆積層として残留した部分は、プラズマエッチングが完了した後においても部分的にエッチングされないままの状態で存在する。

【0024】

そしてこのような未エッチング部は微細なスポット状でランダムに分布することから、エッチング処理後のエッチング面は白濁状の外観を呈する。前述のように、このようなエッチングのばらつきはフッ素ラジカルとシリコンとの反応によって生成された反応生成物がシリコン表面に再付着しそのまま残留して堆積層を形成することによって生じることから、上記のような白濁状のエッチング面を防止するためには、付着した反応生成物が安定してシリコンウェハ7の表面に残留せず、付着後速やかに離脱するような条件を実現すればよい。

【0025】

本実施の形態に示すプラズマ処理においては、前述の条件を実現するためシリコンウェハ7の温度を反応生成物の離脱を促進するような温度条件に設定するようしている。すなわち、シリコンウェハ7の表面の温度を高めることにより、ガス状の反応生成物分子の動きがより活発となり、これらの分子がシリコンウェハ7の表面に衝突した場合に安定して表面に残留する確率が低下し、シリコンウェハ7の表面からの離脱の度合いが増加する。

【0026】

以下、プラズマ処理におけるシリコンウェハ7の温度条件について、図4、図5を参照して説明する。図4は、プラズマ処理開始後のシリコンウェハ7表面の温度変化を示しており、当初室温 $T_r$ であったシリコンウェハ7は、放電開始の

タイミング  $t_1$  後、プラズマ放電によって過熱されて次第に昇温する。このとき、シリコンウェハ7の表面の温度が、予め設定された処理温度  $T_t$  に収束するよう、温度制御部10の温度制御条件が設定される。

#### 【0027】

すなわち、プラズマ処理の定常状態において、プラズマ放電によって発生する熱と、載置部6内を循環して冷却する冷媒（温度制御媒体）によって除去される熱がバランスするように、温度制御条件が設定される。このとき、シリコンウェハ7から載置部6へ伝達される熱は保護テープ7aの断熱特性によって規定されることから、保護テープ7aの種類ごとに異なる温度制御条件が用いられる。これらの温度制御条件は、プラズマ処理圧力、放電電極間距離、高周波電源出力などのプラズマ処理条件を組み合わせて行われる温度条件出しのための試行によって求められる。

#### 【0028】

図5（a）は、プラズマ処理過程におけるシリコンウェハ7の厚み方向の温度分布を示しており、A、B、Cはそれぞれシリコンウェハ7の表面、シリコンウェハ7の下面と保護テープ7aの上面との当接面、保護テープ7aと載置部6上面との当接面（図2参照）を示している。すなわち、プラズマ処理過程においては、シリコンウェハ7の表面が処理温度  $T_t$ （40°C以上に設定される）に保持されるよう、温度制御部10による制御が行われる。

#### 【0029】

このとき、保護テープ7aの温度は、図5（a）のグラフのB～Cの範囲に示すように、常に40°C以下の温度に保たれる。これにより保護テープ7aの温度上昇が抑制され、過熱によって保護テープ7aが溶融する不具合を防止することができる。

#### 【0030】

なお、保護テープ7aが高耐熱性の素材で成っている場合には、処理温度  $T_t$  をさらに高温に設定することができる。すなわちこの場合には、図5（b）に示すように、Bにおける温度が使用する保護テープ7aの耐熱温度  $T_p$  以下となるように、温度制御部10の温度制御条件を設定する。これによりシリコンウェハ

7の表面における処理温度  $T_t$  を、図5 (a) に示す場合と比較してより高い温度に設定することができ、反応生成物の堆積抑制効果をさらに高めることが可能となる。

【0031】

【表1】

白濁状態の温度依存性

| 処理温度 $T_t$ | 20°C | 30°C | 40°C | 50°C | 60°C |
|------------|------|------|------|------|------|
| 目視判定評価     | 不良   | 不良   | 良    | 良    | 良    |

【0032】

(表1) は、シリコンウェハ7表面の処理温度  $T_t$  を変化させた場合の、エッティング面の目視評価結果を示している。これによれば処理温度  $T_t$  が40°Cに満たない条件の場合には、いずれもエッティング面が白濁状の外観を呈し、目視品質上不良の評価がなされるのに対し、処理温度  $T_t$  が40°C以上の場合には、いずれも良好な評価がなされる。

【0033】

このとき、さらに高温の50°C、60°Cの場合には、40°C場合と比較して白濁の度合いが温度上昇に伴ってさらに低下し、より鏡面に近い外観となる。これは、処理温度  $T_t$  の上昇に伴ってシリコンウェハ7表面からの反応生成物の離脱がより促進されることによるものである。したがって、エッティング面の外観をより鏡面状態に近づけたい場合には、プラズマ処理装置や保護テープの耐熱温度条件が許容する範囲で、極力高い処理温度となるように処理温度  $T_t$  を設定すればよい。

【0034】

このプラズマ処理により、前工程の機械研磨によって加工面に発生したマイクロクラックを含むストレス層が効率よく除去される。そしてプラズマ処理後のシリコンウェハ7が、載置部6による真空吸着を解除された後に処理室2から搬出されることによりプラズマ処理を終了する。このプラズマ処理において、前述の

ように白濁のない鏡面に近い外観のエッティング面を得ることができ、外観品質に優れたプラズマエッティング処理が可能となっている。

【0035】

なお上記実施の形態では、シリコン系基板としての半導体装置用のシリコンウェハをプラズマ処理の対象とする例を示しているが、本発明はシリコンウェハに限定されるものではなく、シリコンを含んだ素材を対象とするものであれば、例えば水晶振動子に用いられる水晶板なども本発明の適用対象となる。

【0036】

【発明の効果】

本発明によれば、シリコン系基板の表面をプラズマによってエッティング処理する際に、シリコン系基板の温度を40℃以上の温度に保持するようにしたので、フッ素系ガスの反応生成物のエッティング表面への付着・堆積を抑制してエッティングを均一に行い、鏡面状のエッティング面を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の一実施の形態のプラズマ処理装置の断面図

【図2】

本発明の一実施の形態のプラズマ処理装置の下部電極の部分断面図

【図3】

本発明の一実施の形態のシリコンウェハのプラズマエッティング処理の説明図

【図4】

本発明の一実施の形態のプラズマ処理におけるシリコンウェハの温度変化を示すグラフ

【図5】

本発明の一実施の形態のプラズマ処理におけるシリコンウェハの温度分布を示すグラフ

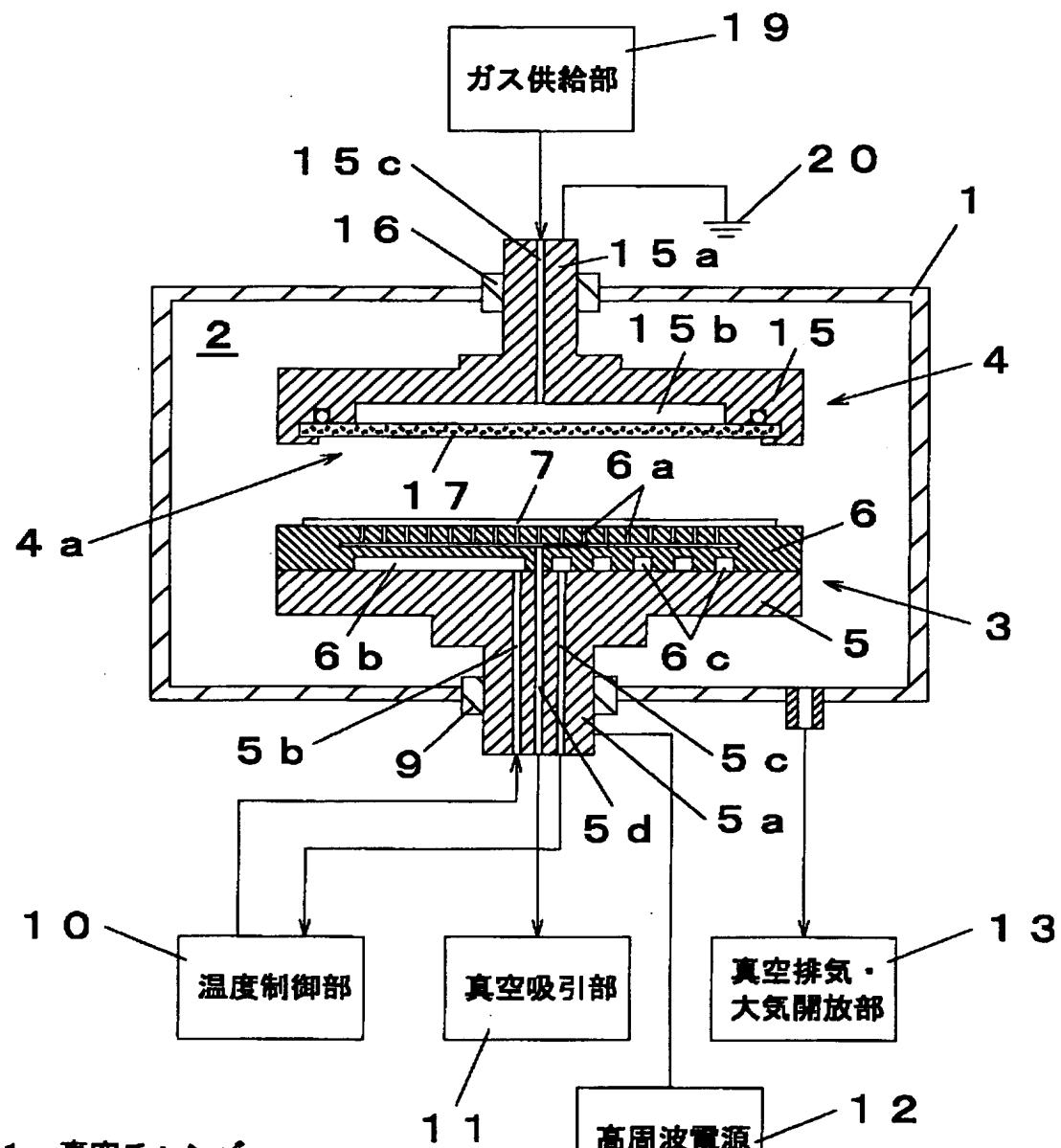
【符号の説明】

- 1 真空チャンバ
- 2 処理室

- 3 下部電極
- 4 上部電極
- 7 シリコンウェハ
- 7 a 保護テープ
- 10 温度制御部
- 19 ガス供給部

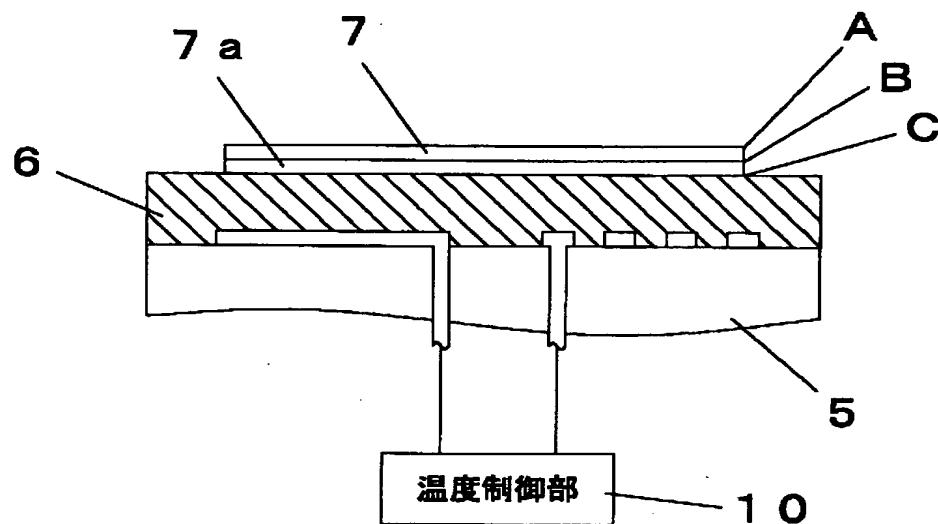
【書類名】 図面

【図1】



1 真空チャンバ  
2 処理室  
3 下部電極  
4 上部電極  
7 シリコンウェハ

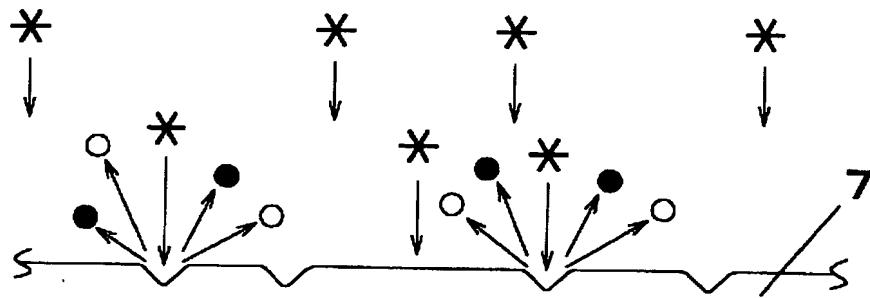
【図2】



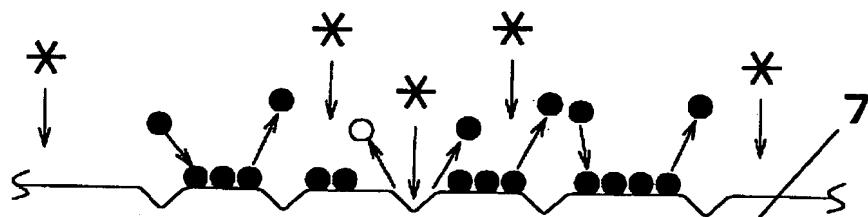
7a 保護テープ

【図3】

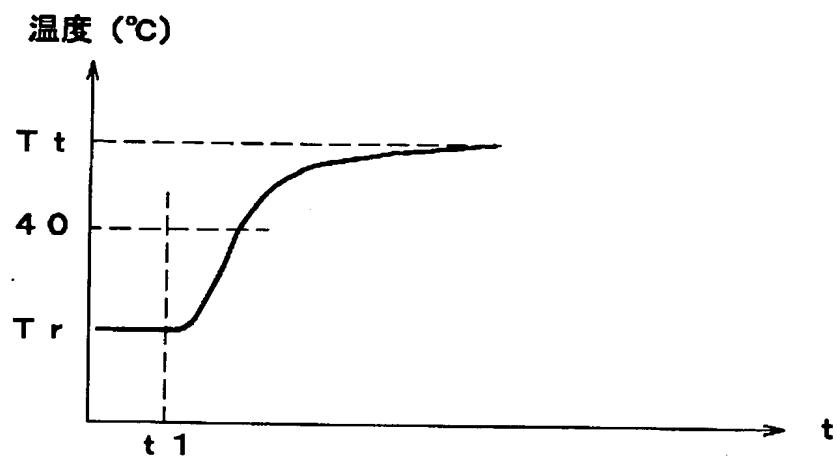
(a)



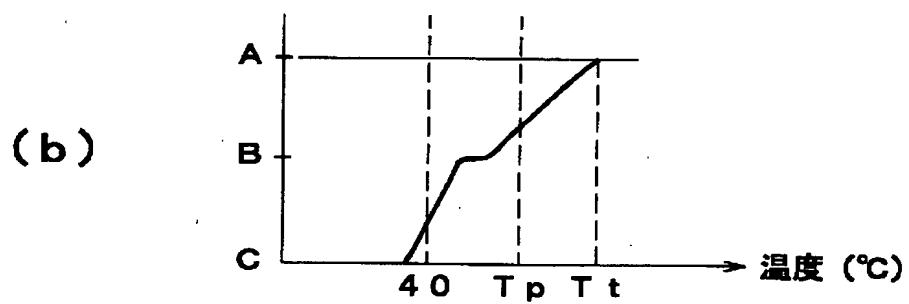
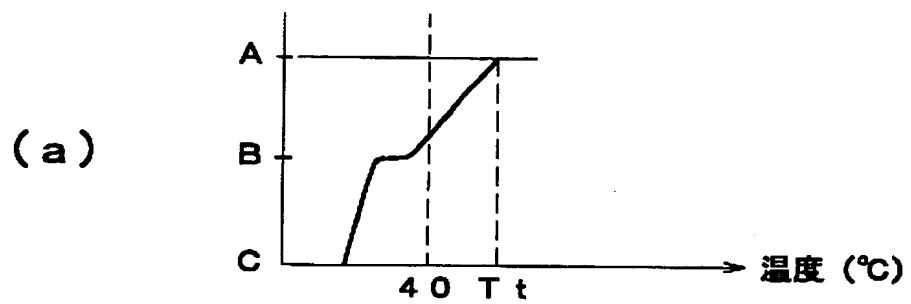
(b)



【図4】



【図5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 シリコン系基板のプラズマ処理において鏡面状態のエッティング面を得ることができるプラズマ処理方法を提供することを目的とする。

【解決手段】 シリコンウェハ7の処理対象面のエッティング処理を行うプラズマ処理方法であって、プラズマ処理装置の処理室内に配置された載置部6に回路形成面を保護テープ7aが貼着された状態のシリコンウェハ7を保護テープ7aを載置部6に接触させた姿勢で載置する。そして処理室内にフッ素系ガスを含むプラズマ発生用ガスを供給した状態でプラズマ放電を発生させて前記シリコン系基板の表面をプラズマによってエッティング処理する際に、シリコンウェハ7の表面Aの温度を40°C以上の温度に保持する。これによりフッ素系ガスの反応生成物のエッティング表面への付着・堆積を抑制してエッティングを均一に行い、鏡面状のエッティング面を得ることができる。

【選択図】 図2

出願人履歴情報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日 1990年 8月28日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府門真市大字門真1006番地  
氏 名 松下電器産業株式会社